

Optical alignment system.

Publication number: DE3855021T

Publication date: 1996-07-18

Inventor: KUNITSUGU MICHIMASA-NEC CORPOR (JP)

Applicant: NIPPON ELECTRIC CO (JP)

Classification:

- **international:** **B23K26/04; G01B11/27; G01S3/786; H04B10/105;**
B23K26/04; G01B11/27; G01S3/78; H04B10/105;
 (IPC1-7): G01S3/78; B23K26/04; G01B11/27

- **European:** B23K26/04; G01B11/27B; G01S3/786; H04B10/105

Application number: DE19883855021T 19880412

Priority number(s): JP19870090189 19870413; JP19870172090 19870711

Also published as:

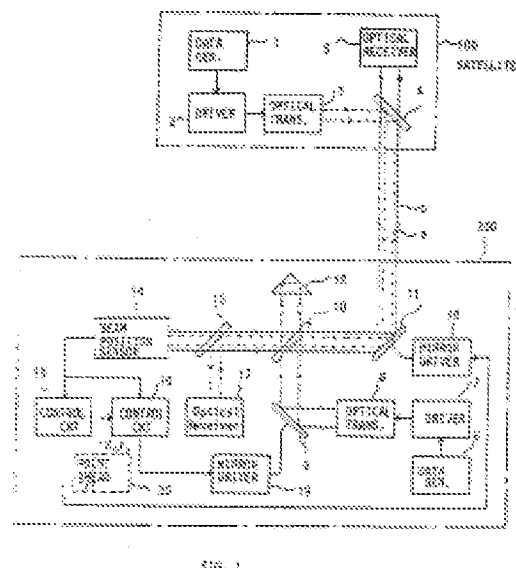
EP0287032 (A)
 US4867560 (A)
 EP0287032 (A)
 EP0287032 (B)

Report a data error here

Abstract not available for DE3855021T

Abstract of corresponding document: **EP0287032**

The present invention relates to optical alignment system applicable to an optical communication system or a laser machining apparatus. The system comprises first and second light source means (3, 8) for emitting, respectively, a first and a second light beam which are different in wavelength from each other; first and second driver means (2, 7) for driving said first light source means and said second light source means, respectively, such that optical signals of said first light beam and said second light beam contain frequency components different in frequency from each other; optical beam multiplexer means for multiplexing said first light beam and said second light beam; beam position sensor means (14) for receiving said first and the second light beams from the multiplexer means to produce electrical signals which are representative of information with respect to actual positions on said beam position sensor means to which the first and the second light beams from said multiplexer means are incident; first and second control means (15, 16) for extracting, respectively, the frequency components of the first light beam and second light beam from the electrical signals which are outputted by said beam position sensor means and thereby producing a first and a second control signal associated with the differences of the actual positions to which said first light beam and said second light beam from said multiplexer means are incident and a first and a second reference position; and beam adjusting means (9, 11, 18, 19) for adjusting optical axes of the first optical beam and the second optical beam in response to, respectively, said first control signal and said second control signal; the adjustment of optical axis by said beam adjusting means being continued until the first light beam and the second light beam become incident to said first



and second reference positions, respectively.

.....
Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(3)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 287 032 B1

⑩ DE 38 55 021 T 2

⑥1 Int. Cl.⁶:
G 01 S 3/78
G 01 B 11/27
B 23 K 26/04

②1 Deutsches Aktenzeichen: 38 55 021.0
③6 Europäisches Aktenzeichen: 88 105 807.7
③8 Europäischer Anmeldetag: 12. 4. 88
⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 19. 10. 88
⑧7 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 28. 2. 96
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18. 7. 96

DE 38 55 021 T 2

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
13.04.87 JP 90189/87 11.07.87 JP 172090/87

⑦3 Patentinhaber:
NEC Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

⑦2 Erfinder:
Kunitsugu, Michimasa-NEC Corporation, Tokyo, JP

⑤4 Optisches Ausrichtungssystem

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 38 55 021 T 2

EP-B-0 287 032
(88 10 5807.7)
NEC CORPORATION
u.Z.: X 475 EP

Optisches Ausrichtungssystem

Die Erfindung betrifft ein optisches Ausrichtungssystem, das für ein optisches Kommunikations- bzw. -übertragungssystem oder eine Laserbearbeitungsvorrichtung anwendbar ist, und insbesondere ein optisches Ausrichtungssystem zum Ausrichten der optischen Achsen mehrerer Strahlen mit einer jeweils anderen Wellenlänge auf eine vorbestimmte Position.

Bei einer optischen Ausrichtung der beschriebenen Art ist es allgemeine Praxis, die Positionen eines Lasers, einer Linse, von Spiegeln usw. im Stadium der Herstellung einzustellen, so daß die optische Achse eines Laserstrahls, der zur Übertragung oder Bearbeitung geeignet ist, mit einer gewünschten Achse ausgerichtet werden kann. Beispielsweise muß bei einer Laserbearbeitungsvorrichtung, die einen Laserstrahl zum Bearbeiten eines Werkstücks und einen sichtbaren Meßstrahl zum Beobachten eines Punkts des in Bearbeitung befindlichen Werkstücks und mit einer gegenüber dem Bearbeitungsstrahl unterschiedlichen Wellenlänge verwendet, eine Linse, Spiegel, ein Strahlteiler so positioniert sein, daß die optischen Achsen der beiden Strahlen ausgerichtet werden und dadurch ein unter Beobachtung stehender Punkt mit einem Punkt, der tatsächlich bearbeitet wird, in Übereinstimmung gebracht wird. Ein bereits bekanntes Problem besteht darin, daß die Positionen der optischen Achsen des Bearbeitungs- und des Meßstrahls die Tendenz haben, aufgrund der Bewegung der Optik, die durch Temperaturveränderung und Alterung bewirkt wird, und aufgrund von Störungen eines Lasermediums, die durch Wärme bewirkt werden, voneinander abzuweichen, was zu einer mäßigen Bearbeitungsgenauigkeit führt.

Ferner ist es bei bidirektionaler optischer Übertragung zwischen Satelliten oder zwischen Satelliten und einer Erdsta-

tion, die Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen als Übertragungssignale verwendet, erforderlich, daß verschiedene konstruktive Elemente mit einer hohen Genauigkeit positioniert werden, weil die Sende- und die Empfangsstation sehr weit voneinander entfernt liegen. Sollte in diesem Fall außerdem die optische Achse eines übertragenen Strahls oder die eines empfangenen Strahls aufgrund von Veränderungen der Positionen einer Linse, von Spiegeln oder anderen optischen Elementen, die in einem Satelliten oder einer Erdstation installiert sind, verschoben werden, würde die Übertragung praktisch versagen.

Wescon Technical Papers, Vol. 15, August 1971, S. 6/2.1 bis 6/2.7, North Hollywood, Kalifornien, USA, A.R.Kramer, "Acquisition and angle tracking of laser communication links" offenbart die Erfassung und Verfolgung zwischen einem SYNC-Satelliten und einen LEO-Satelliten unter Verwendung eines Signallaserstrahls bzw. eines Übertragungslaserstrahls, die an den anderen Satelliten übertragen werden. Somit wird auf beiden Seiten der Strahl vom jeweils anderen Satelliten erfaßt, und der Bestimmungs-/Verfolgungspositionierer wird mit dem ermittelten Ergebnis gesteuert.

Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, ein optisches Ausrichtungssystem bereitzustellen, das in der Lage ist, die Achsen von Strahlen mit verschiedenen Wellenlängen automatisch auf eine vorbestimmten optischen Achse auszurichten.

Diese Aufgabe wird mit einem optischen Ausrichtungssystem gemäß den Ansprüchen gelöst.

Es ist ein weiterer Vorteil der Erfindung, ein optisches Ausrichtungssystem bereitzustellen, das ein erneutes Ausrichten der optischen Achsen durch einen Bediener nicht mehr erforderlich macht.

Es ist ein weiterer Vorteil der Erfindung, ein optisches Ausrüstungssystem bereitzustellen, das in der Lage ist, die Verschiebung von optischen Achsen, die auf die Verschiebung einer Linse, eines Spiegels oder anderer optischer Elemente aufgrund von Temperaturänderung oder Alterung oder auf die Störung von Lichtquellen aufgrund von Wärme zurückzuführen ist, automatisch zu korrigieren.

Die Erfindung wird durch die nachstehende ausführliche Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen besser verständlich. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines Satellitenübertragungssystems, auf das die Erfindung angewendet wird;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Strahlpositionssensors gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild eines spezifischen Aufbaus einer Steuerschaltung gemäß Fig. 1;

Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild, das einen weiteren spezifischen Aufbau der Steuerschaltung darstellt;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Treibers gemäß Fig. 1 zusammen mit einer Laserdiode;

Fig. 6 ein Diagramm, das die Ausgangswellenform eines Halbleiterlasers darstellt, der von dem Treiber gemäß Fig. 5 getrieben wird;

Fig. 7 ein Blockschaltbild einer Laserbearbeitungsvorrichtung, für die die Erfindung verwendet wird;

Fig. 8 ein Diagramm, das eine Ausgangssignalwellenform eines A-O- bzw. akustisch-optischen Modulators gemäß Fig. 7 darstellt.

In Fig. 1 der Zeichnungen ist ein erfindungsgemäßes optisches Ausrichtungssystem mit bidirektionaler Übertragung zwischen geostationären Satelliten ausgeführt, die sich in einer Umlaufbahn 50 bis 80 000 km voneinander entfernt befinden. In der Figur sind Teile, die nicht zur optischen Übertragung gehören, aus Gründen einer einfacheren Darstellung weggelassen.

Wie dargestellt, weist der Satellit 100 einen Datengenerator 1 zum Erzeugen einer Bitfolge von logischen EINSen und NULLen oder digitalen Übertragungsdaten auf, die mit einer Bitrate von 50 Mb/s auftreten. Ein Treiber 2 versorgt einen Halbleiterlaser mit einem Treibstrom, der eine Komponente enthält, die durch Amplitudenmodulation der Bitfolge mit einem Analogsignal mit einer Frequenz f_1 (z.B. 1 kHz) entstanden ist, die niedriger ist als die Bitrate der Bitfolge. Der Halbleiterlaser 3, der in einem optischen Transmitter enthalten ist, wandelt den Treibstrom in eine Folge von optischen Signa-

len um, die eine Frequenzkomponente f_1 enthält. Die Laserwellenlänge des Lasers beträgt z.B. $0,83 \mu\text{m}$. Der optische Transmitter 3 weist auch eine Übertragungsoptik zum Umwandeln des Laserstrahls in einen Parallelstrahl auf. Die Bezugszeichen 4 und 5 bezeichnen jeweils einen dichroitischen Spiegel und einen optischen Empfänger. Der dichroitische Spiegel 4 reflektiert den Parallelstrahl und wandelt ihn in einen zum Satelliten 200 laufender Strahl a (gestrichelte Linie) um. Ein vom Satelliten 200 kommender Strahl b (durchgezogene Linie) mit einer Wellenlänge von $0,78 \mu\text{m}$ wird beinahe vollständig vom dichroitischen Spiegel 4 durchgelassen, um den Empfänger 5 zu erreichen, der den empfangenen Strahl in ein elektrisches Signal umwandelt, dann Übertragungsdaten ermittelt und dann die Daten verarbeitet.

Der Satellit 200 weist einen Datengenerator 6 zum Erzeugen von Übertragungsdaten auf, die an den Satelliten 100 zu übertragen sind und eine Bitrate von 50 Mb/s haben. Der Treiber 7 erfüllt ähnliche Funktionen wie der Treiber 2 des Satelliten 100. Der Treiber 7 treibt einen Halbleiterlaser mit einem Treibstrom, der eine amplitudenmodulierte Bitfolge enthält, die durch Amplitudenmodulation einer Bitfolge von 50 Mb/s mit einem Analogsignal der Frequenz f_2 , z.B. 10 kHz , erzeugt wird, die höher ist als die Frequenz f_1 . Der Halbleiterlaser, der in einem optischen Transmitter 8 enthalten ist, erzeugt eine Folge von optischen Signalen, die eine Komponente mit der Frequenz f_2 enthalten. Der Laser emittiert Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von $0,78 \mu\text{m}$. Im Satelliten 200 ebenfalls enthalten sind X-Y-getriebene Spiegel 9 und 11, ein dichroitischer Spiegel 10, der zusammen mit einem Eckenwürfel bzw. Tripelspiegel 12 und einem dichroitischen Spiegel 13 zwei Strahlen multiplexiert, und ein optischer Empfänger 17 zum Ermitteln von Übertragungsdaten aus einem Laserstrahl, der vom Satelliten 100 emittiert wird. Ferner sind im Satelliten 200 ein Strahlpositionssensor 14 und Steuerschaltungen 15 und 16, die dazu dienen, die Achse des vom Satelliten 100 kommenden Strahls a (gestrichelte Linie) und die Achse des Übertragungsstrahls b (durchgezogene Linie) automatisch zur Mitte des Sensors zu steuern.

Obwohl in Fig. 1 ein Block 20 enthalten ist, der Vorwärtseinstellschaltung genannt wird, ist diese Schaltung für geostationäre Satelliten nicht erforderlich und wird später für den Fall beschrieben, bei dem ein Satellit sich relativ zum anderen bewegt.

Im Satelliten 200 wird der Strahl b vom Transmitter 8 über den Spiegel 9, den dichroitischen Spiegel 10 und den Spiegel 11 zum dichroitischen Spiegel 4 und zum Empfänger 5 im Satelliten 100 geleitet. Gleichzeitig wird ein Teil des Strahls b, der durch den dichroitischen Spiegel 10 läuft, von einem Reflektor (Tripelspiegel) 12 und dem dichroitischen Spiegel 10 reflektiert und dann durch den dichroitischen Spiegel 13 geführt, um den Strahlpositionssensor 14 zu erreichen. Andererseits wird der Ausgangsstrahl a des Transmitters 3, der aus einer Folge von optischen Signalen mit einer Frequenzkomponente f_1 besteht, durch den dichroitischen Spiegel 4, den Spiegel 11 und die dichroitischen Spiegel 10 und 13 geleitet, um teilweise auf dem Strahlpositionssensor 14 und teilweise auf dem Empfänger 17 aufzutreffen.

Der dichroitische Spiegel 10 reflektiert 99,5 % des Strahls b, der vom Transmitter 8 abgegeben wird, und hat eine Wellenlänge von 0,78 μm , wobei die restlichen 0,5 % hindurchlaufen. Der dichroitische Spiegel 10 läßt fast den gesamten Strahl a mit der Wellenlänge 0,83 μm durchlaufen, der vom Spiegel 11 reflektiert wird, während der gesamte Strahl vom Reflektor 12 reflektiert wird. Ferner überträgt der dichroitische Spiegel 13 fast den gesamten vom Transmitter 8 kommenden Strahl b, läßt 20 % des Strahls a durch und reflektiert 80 % des zum Empfänger 17 laufenden Strahls a. Ausführliche Informationen über derartige dichroitische Spiegel findet man in William L. Gasay "Design of a wideband free-space lasercom transmitter", SPIE Vol. 616, Optical Technologies for Communication Satellite Applications, 1986.

In Fig. 2 ist ein spezifischer Aufbau des Strahlpositionssensors 14 dargestellt. Wie dargestellt, besteht der Strahlpositionssensor 14 aus einer Sammellinse 141 zum Umsetzen eines Einfallswinkels eines Strahls in eine Positionsverschiebung eines Brennpunkts, einer viertelstrahlempfindlichen

Vorrichtung 142, die mit vier Siliziumfotodioden ausgeführt ist, zum Umwandeln von Strahlpositionen in elektrische Signale, die mit der X- und der Y-Koordinate verbunden sind. Im einzelnen hat die strahlempfindliche Vorrichtung 142 vier strahlempfindliche Bereiche, die so definiert sind, daß die Grenzen der Nahbereiche jeweils 45° relativ zur X- und Y-Koordinate geneigt sind. Wenn der Lichtstrahl auf den Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate auftrifft, sind die Ausgangssignale X^+ , X^- , Y^+ und Y^- der strahlempfindlichen Vorrichtung 142 einander gleich. Es wird angenommen, daß aufgrund der Abweichung des Lichtstrahls a, der vom Satelliten 100 zum Satelliten 200 emittiert wird, die optische Achse des Strahls a vom Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate der lichtempfindlichen Vorrichtung 142 verschoben wird. Dann ändern die Ausgangssignale X^+ , X^- , Y^+ , Y^- , die mit dem Strahl a verbunden sind, der die Frequenzkomponente f_1 aufweist, ihre Intensität entsprechend der Verschiebung von der Mitte der X- und Y-Koordinate. Die Steuerschaltung 15 extrahiert über Filter Frequenzkomponenten f_1 aus dem Ausgangssignal X^+ , X^- , Y^+ , Y^- und steuert den Spiegel 11 über einen Spiegeltreiber, so daß die Achse des Strahls a mit dem Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate übereinstimmt. Ebenso wirken die Steuerschaltung 16, der Spiegeltreiber 19 und der Spiegel 9 zusammen, um die Achse des Strahls b zu steuern, der vom Transmitter 8 abgegeben wird. Für den Fall, daß die Strahlen a und b gleichzeitig auf den Strahlpositionssensor 14 einfallen und eine um mehr als 20 dB unterschiedliche Intensität haben, ist es schwierig, aus den Ausgangssignalen des Sensors 14 eine Signalfrequenzkomponente zu ermitteln, die zu einem Strahl gehört, der weniger intensiv ist als die anderen. In einem solchen Fall muß der Strahl, der eine größeren Intensität als der andere aufweist, durch ein optisches Dämpfungsglied abgeschwächt werden.

Durch die oben beschriebene Steuerung werden die optischen Achsen der Strahlen a und b von den Transmittern 3 und 8 einzeln mit dem Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate des Strahlpositionssensors 14 ausgerichtet, so daß die beiden Strahlen a und b effektiv auf die lichtempfindlichen Flächen der Lichtempfangselemente der Empfänger 5 und 17 einfallen.

In Fig. 3 ist ein spezifischer Aufbau der Steuerschaltung 15 gemäß Fig. 1 dargestellt und weist Bandpaßfilter (BPF) 51 bis 54 auf. Die vier Ausgangssignale X^+ , X^- , Y^+ und Y^- des Strahlpositionssensors 14 werden jeweils an die BPFs 51 bis 54 angelegt, die geeignet sind, die Frequenzkomponente f_1 (1 kHz) der Signalfolge des Strahls a zu extrahieren. Ein Subtrahierer 55 erzeugt ein X-Achsensteuersignal, das eine Differenz zwischen dem X^+ - und dem X^- -Signal darstellt, während ein Subtrahierer 56 ein Y-Achsensteuersignal erzeugt, das eine Differenz zwischen dem Y^+ - und dem Y^- -Signal darstellt. Das X-Achsen- und das Y-Achsensteuersignal werden dem Spiegeltreiber 18 zugeführt. Als Antwort darauf verstellt der Treiber 18 die Winkelposition des Spiegels 11 in der X- und Y-Richtung, so daß das X- und das Y-Achsensteuersignal null sind. Man beachte, daß die Drehrichtungen des Spiegels jeweils einzeln mit der X- und der Y-Achse des Strahlpositionssensors 14 übereinstimmen.

Die Subtrahierer 55' und 56' werden später zusammen mit der Ausführungsform beschrieben, die sich auf die Vorwärtseinstellschaltung bezieht.

Fig. 4 zeigt einen anderen spezifischen Aufbau der Steuerschaltung 15, in der die Subtrahierer 55 und 56 gemäß Fig. 3 durch Subtrahierer 57 und 58, einen Addierer 59 und Teiler 60 und 61 ersetzt sind. Der Subtrahierer 57 subtrahiert ein Ausgangssignal des BPF 52 von dem des BPF 51, während der Subtrahierer 58 ein Ausgangssignal des BPF 54 von dem des BPF 53 subtrahiert. Der Addierer 59 summiert Ausgangssignale der BPF 51 bis 54. Der Teiler 60 teilt ein Ausgangssignal des Subtrahierers 57 durch das des Addierers 59, während der Teiler 61 ein Ausgangssignal des Subtrahierers 58 durch das des Addierers 59 teilt. Somit werden jeweils ein X-Achsen- und ein Y-Achsensteuersignal von den Teilern 60 und 61 ausgegeben, die die Differenzsignale $(X^+ - X^-)$ und $(Y^+ - Y^-)$, die mit der Frequenzkomponente f_1 verbunden sind, mit der Summe der Signalkomponenten $f_1 X^+$, X^- , Y^+ und Y^- normieren, die jeweils von den BPF 51 bis 54 abgegeben werden. Dadurch wird die Schwankung des X- und des Y-Achsensteuersignals unterdrückt, die auf die Änderung der Leistung des Sensors 14 zurückzuführen ist.

Man beachte, daß die Steuerschaltung 16 genauso aufgebaut ist wie die Steuerschaltung 15, außer daß das Durchlaßband ihrer BPF 51 bis 54 f_2 ($= 10$ kHz) beträgt. Der Spiegel 9 wird ebenfalls genauso angetrieben wie der Spiegel 11.

5 Wie oben beschrieben, steuert der Satellit 200 die Spiegel 9 und 11, um die Strahlen a und b mit dem Mittelpunkt der X- und Y-Achse des Strahlpositionssensors 14 auszurichten. Wenn also der Strahl a vom geostationären Satelliten 100 aufgrund einer Verschiebung des Satelliten 100 vom Mittelpunkt
10 des Sensors 14 abweicht, wird der Spiegel 11 gesteuert, bis die Abweichung des Strahls a null wird. Als Ergebnis wird die optische Achse des vom Transmitter 8 kommenden Strahls b mit der des Strahls a, die vom Satelliten 100 emittiert wird, ausgerichtet, wodurch bidirektionale Übertragung möglich wird.
15 Auch wenn ferner die optischen Achsen der Strahlen a und b aufgrund der Bewegung der dichroitischen Spiegel 4, 10 und 13 verschoben werden, was durch Temperaturänderungen oder Alterung verursacht werden kann, wird die Verschiebung sofort vom Sensor 14 wahrgenommen, so daß die Spiegel 9 und 11 so gesteuert
20 werden, daß sie optisch ausgerichtet sind.

Die Spiegel 9 und 11, die in Fig. 1 so dargestellt sind, als ob sie einen einzelnen Spiegel umfaßten, können jeweils mit einem X-Achsen- und einem Y-Achsen-Galvanometerspiegel ausgeführt sein, der von einem X-Achsen-
25 und einem Y-Achsentreibsignal getrieben wird. Ferner haben die Frequenzen f_1 und f_2 , die jeweils den Signalfolgen der Strahlen a und b zugeordnet sind, und die spezifischen Wellenlängen der Laserdioden lediglich darstellenden und keinen einschrän-
kenden Charakter.

30 In Fig. 5 ist ein spezifischer Aufbau der Treiber 2 und 7 zusammen mit einer Laserdiode dargestellt. In der Figur sind Transistoren 21 und 22 über ihre Emitter miteinander verbunden. Eine Laserdiode 30 ist mit dem Kollektor des Transistors 21 verbunden, 50-Mb/s-Übertragungsdaten werden der Basis des
35 Transistors 21 zugeführt, und eine Referenzspannung V_{ref} wird an die Basis des Transistors 22 angelegt. Ein 1- oder 10-kHz-Analogsinal (Sinuswelle) wird der Basis eines Transistors 23 in Abhängigkeit von den optischen Transmittern 3 oder 8 zuge-

führt. Der Vorspannungsstrom der Laserdiode wird auf einen Schwellwert gesetzt und wird der Laserdiode zusammen mit einem Pulsstrom der 50-Mb/s-Übertragungsdaten zugeführt. Das Analogsignal bewirkt eine Amplitudenänderung von etwa 5 bis 10 % bei den Übertragungsdaten. Die optische Ausgangswellenform der Laserdiode 30 ist in Fig. 6 dargestellt.

Während der Satellit 200 gemäß Fig. 1 nur einen einzigen optischen Transmitter hat, kann er auch zwei oder mehr optische Transmitter haben, vorausgesetzt, daß die Strahlen, die von den einzelnen Transmittern ausgehen, sich voneinander in bezug auf ihre Wellenlänge unterscheiden und mit voneinander unterschiedlichen Frequenzen moduliert sind. Ferner sind in einem solchen Mehrfachtransmittersystem zusätzliche Steuerungsschaltungen auf der Ausgangsseite des Strahlpositionssensors 14 erforderlich, um Frequenzkomponenten, die in den Signalfolgen der entsprechenden Strahlen enthalten sind, zu extrahieren, so daß die X-Y-getriebenen Spiegel von einem X- und einem Y-Treibsignal gesteuert werden können, um die optischen Achsen der Strahlen von den Transmittern mit dem Mittelpunkt des Sensors 14 auszurichten.

Obwohl beide Satelliten 100 und 200 als stationär angenommen worden sind, kann einer von ihnen sich relativ zum anderen bewegen oder sogar durch eine Erdstation ersetzt werden.

Für den Fall, daß sich der Satellit 100 relativ zum geosynchronen Satelliten 200 bewegt, werden die Vorwärtseinstellschaltung 20 gemäß Fig. 1 und die Subtrahierer 55' und 56' gemäß Fig. 3 verwendet. Eine solche relative Bewegung erfordert, daß der Lichtstrahl b vorwärtseingestellt wird, um den optischen Empfänger des beweglichen Satelliten 100 zu erreichen (eine Vorwärtseinstellwirkung ist beschrieben in Kim A. Winick, "Atmospheric turbulence-induced signal fades on optical heterodyne communication links", APPLIED OPTICS, Vol. 25, No. 11, 1. Juni 1986, S. 1817 bis 1825, insbesondere S. 1823 und Fig. 6). Die Vorwärtseinstellschaltung 20 gibt die Vorwärtseinstellsignale X_0 , Y_0 an die Subtrahierer 55' bzw. 56' ab. Der Subtrahierer 55' subtrahiert das Signal X_0 vom Ausgangssignal des Subtrahierers 55. Der Subtrahierer 56' subtrahiert das Signal Y_0 vom Ausgangssignal des Subtrahierers

56. Dann wird der X-Y-getriebene Spiegel 9 vom Spiegeltreiber 19 gesteuert, so daß das X- und das Y-Achsensteuersignal vom Subtrahierer 55', 56' null sind. Die Signal X_0 , Y_0 werden entsprechend der Bewegungsgeschwindigkeit und der Richtung des Satelliten 100 bestimmt. Dadurch wird der Strahl b vom Satelliten 200 durch den Spiegel 9 bewegt, so daß der Strahl b vom Empfänger 5 im Satelliten 100 empfangen werden kann. Wenn die Ausgangssignale der Subtrahierer 55', 56' null sind, wird der Strahl b nicht mehr im Mittelpunkt der X- und der Y-Koordinate des Sensors 14 empfangen, sondern so gelenkt, daß er an der ersten Referenzposition am Sensor 14 empfangen wird. In diesem Fall wird der angetriebene Spiegel 11 so gesteuert, daß der Strahl a vom beweglichen Satelliten 100 im Mittelpunkt der X- und der Y-Koordinate empfangen wird, der eine zweite Referenzposition ist.

Obwohl der Satellit 100 beim oben beschriebenen bidirektionalen Übertragungssystem ein solches optisches Ausrichtungssystem, wie es im Satelliten 200 eingebaut ist, nicht enthält, kann der Satellit 100 mit dem gleichen optischen Ausrichtungssystem ausgerüstet werden.

In Fig. 7 ist eine Laserbearbeitungsvorrichtung, für die eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform verwendet wird, dargestellt. Wie dargestellt, weist das optische Ausrichtungssystem, das in der Laserbearbeitungsvorrichtung installiert ist, auf: einen Helium-Neon-(He-Ne-)Laser 21 zum Emittieren eines sichtbaren Laserstrahls auf, der geeignet ist, einen Punkt eines in Bearbeitung befindlichen Werkstücks 28, nämlich einen Meßstrahl d, zu beobachten, einen Yttrium-Aluminium-Granat-(YAG-)Laser 24 zum Emittieren eines Laserstrahls, der geeignet ist, das Werkstück 28 zu bearbeiten, nämlich einen Bearbeitungslaserstrahl c, und einen Strahlpositionssensor 30 zum Messen der optischen Achsen des Meßstrahls d und des Bearbeitungsstrahls c. Der He-Ne-Laser 21 emittiert einen Dauerstrahl, dessen Wellenlänge und Ausgangsleistung 0,63 μm bzw. 10 mW sind. Dagegen emittiert der YAG-Laser 24 einen Dauerstrahl, dessen Wellenlänge und Ausgangsleistung 1,06 μm bzw. 20 W sind.

Der Strahl c des YAG-Lasers 24 wird von einem X-Y-getriebenen Spiegel 34 und einem dichroitischen Spiegel 25 reflektiert, dann durch dichroitische Spiegel 26 und 29 hindurchgeführt und dann durch eine Linse 27 auf das Werkstück 28 konvergiert. Der Strahl des He-Ne-Lasers 21 wird von einem akustisch-optischen (A-O-) Modulator 22 moduliert, um den Meßstrahl d zu erzeugen. Dieser Meßstrahl d wird von einem X-Y-getriebenen Spiegel 23 reflektiert, dann durch den dichroitischen Spiegel 25 und die dichroitischen Spiegel 26 und 29 hindurchgeführt und dann durch die Linse 27 auf den gleichen Punkt des Werkstücks 28 wie der Bearbeitungsstrahl c konvergiert. Der Meßstrahl d, der vom Werkstück 28 reflektiert wird, wird vom dichroitischen Spiegel 29 über die Linse 27 reflektiert, damit die Oberfläche des in Bearbeitung befindlichen Werkstücks 28 von einer Vorrichtung, nicht dargestellt, beobachtet werden kann.

Der dichroitische Spiegel 26 reflektiert einen Teil des Bearbeitungsstrahls c und des Meßstrahls d. Die Strahlen, die vom Spiegel 26 reflektiert werden, fallen auf den Strahlpositionssensor 30 und werden dadurch in ein elektrisches Signal umgewandelt. Der Strahlpositionssensor 30 ist wiederum mit einer Sammellinse und einer viertellichtempfindlichen Vorrichtung ausgeführt, wie in Fig. 2 dargestellt. Die Steuerschaltungen 31 und 32 steuern auch jeweils die Spiegeltreiber 33 und 35 und dadurch die Spiegel 34 und 23 als Antwort auf die Ausgangssignal des Sensors 30, so daß die optischen Achsen der Laserstrahlen c und d einzeln mit dem Mittelpunkt der X- und der Y-Achse der lichtempfindlichen Vorrichtung des Sensors 30 ausgerichtet werden können.

Der A-O-Modulator 22 weist eine Schaltung zum Überlagern einer Rechteckwelle, die eine Wiederholfrequenz von 20 MHz aufweist, mit einer 10-kHz-Sinuswelle auf, um ein Signal zu erzeugen, das in Fig. 8 dargestellt ist. Das Ausgangssignal dieser Schaltung wird an einen Wandler einer akustisch-optischen Vorrichtung übergeben, die dann einen Meßstrahl d erzeugt, der mit der Signalwellenform gemäß Fig. 8 verbunden ist. Da der Aufbau des A-O-Modulators 22 bekannt ist, wird er hier nicht näher beschrieben, um Wiederholungen zu vermeiden.

Die Steuerschaltung 32 gemäß Fig. 7 hat den gleichen Aufbau wie die Steuerschaltung, die in Fig. 4 dargestellt ist, außer daß der Durchlaßbereich ihrer BPF 51 bis 54 10 kHz beträgt, nämlich die Frequenzkomponente des Signalmeßstrahls d.

5 Die Steuerschaltung 31 entsteht, wenn die BPF 51 bis 54 durch einen Gleichstromglätter ersetzt werden, der auf die Komponente anspricht, die mit dem Dauerlaserstrahl c verbunden ist. Obwohl in diesem Fall das Ausgangssignal des Gleichstromglätters eine ermittelte Signalkomponente des Meßstrahls d aufweisen würde, wäre eine solche Komponente viel kleiner als die

10 ermittelte Signalkomponente des Bearbeitungsstrahls c und dadurch vernachlässigbar. Daraus folgt, daß das X-Achsen- und das Y-Achsensteuersignal, die an den Ausgängen der Steuerschaltungen 31 bzw. 32 auftreten, auf der Grundlage der Abweichungen des Bearbeitungsstrahls c und des Meßstrahls d in der

15 X- und der Y-Richtung relativ zum Sensor 30 veränderlich sind. Die Spiegel 34 und 23 werden von den Spiegeltreibern 33 bzw. 35 getrieben, bis die Abweichungen der Strahlen c und d null werden.

20 Zusammengefaßt erkennt man, daß die Erfindung ein optisches Ausrichtungssystem bereitstellt, das in der Lage ist, die optischen Achsen mehrerer Strahlen, die jeweils eine andere Wellenlänge haben, durch Steuern mit einer vorbestimmten optischen Achse oder mit vorbestimmten optischen Achsen auszu-

25 richten. Da eine solche Ausrichtung ständig und automatisch durchgeführt wird, werden die für die Wartung und Inspektion erforderlichen Kosten, nämlich für das erneute Ausrichten der optischen Achsen usw., herabgesetzt.

EP-B-0 287 032
(88 10 5807.7)
NEC CORPORATION
u.Z.: X 475 EP

5

Patentansprüche

1. Optisches Ausrichtungssystem mit:
 - einer ersten und einer zweiten Lichtquelleneinrichtung (3, 8, 21, 24) zum Emittieren eines ersten bzw. eines zweiten Lichtstrahls mit einer jeweils anderen Wellenlänge;
 - 10 einer ersten und einer zweiten Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) zum Modulieren der ersten bzw. der zweiten Lichtquelleneinrichtung;
 - einer optischen Strahlmultiplexereinrichtung (4, 10, 11, 12) zum Multiplexieren des ersten Lichtstrahls und des zweiten Lichtstrahls;
 - 15 einer Strahlpositionssensoreinrichtung (14, 30) zum Empfangen des ersten und des zweiten Lichtstrahls von der Multiplexereinrichtung, um elektrische Signale zu erzeugen, die Informationen in bezug auf tatsächliche Positionen an der Strahlpositionssensoreinrichtung darstellen;
 - 20 einer ersten und einer zweiten Steuereinrichtung (15, 16, 31, 32) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Steuersignals aus den elektrischen Signalen; und
 - einer Strahlausrichteinrichtung (18, 19, 33, 35) zum Ausrichten von optischen Achsen des ersten optischen Strahls und des zweiten optischen Strahls als Antwort auf das erste Steuersignal bzw. das zweite Steuersignal, dadurch gekennzeichnet, daß
 - 25 die erste und die zweite Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) den ersten und den zweiten Lichtstrahl mit dem ersten bzw. dem zweiten Modulationssignal mit verschiedenen entsprechenden Frequenzen modulieren,
 - 30 die erste und die zweite Steuereinrichtung das erste bzw. das zweite Modulationssignal extrahieren, die gleichzeitig von der Strahlpositionssensoreinrichtung ausgegeben werden und die jeweils proportional den Differenzen der tatsächlichen
 - 35

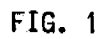
Positionen auf der Strahlpositionssensoreinrichtung sind, auf die der erste und der zweite Lichtstrahl gleichzeitig einfallen, und zwar mit Bezug auf die vorbestimmte erste und zweite Referenzposition, und

5 die Ausrichtung, die von der Strahlausrichteinrichtung durchgeführt wird, fortgesetzt wird, bis der erste und der zweite Lichtstrahl auf die erste bzw. die zweite Referenzposition einfallen.

10 2. Optisches Ausrichtungssystem nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) den ersten Lichtstrahl und den zweiten Lichtstrahl mit Amplitudenmodulation modulieren.

15 3. Optisches Ausrichtungssystem nach Anspruch 1, das für ein Übertragungssystem mit zwei Stationen (100, 200) geeignet ist, dadurch gekennzeichnet, daß

die Strahlpositionssensoreinrichtung (14), die erste und die zweite Steuereinrichtung (15, 16) und die Strahlausrichteinrichtung (18, 19) in einer der beiden Stationen zusammen angeordnet sind.



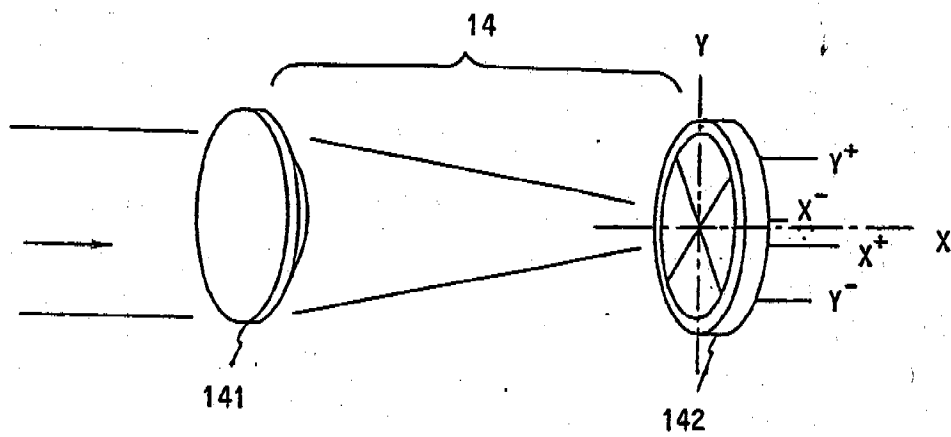


FIG. 2

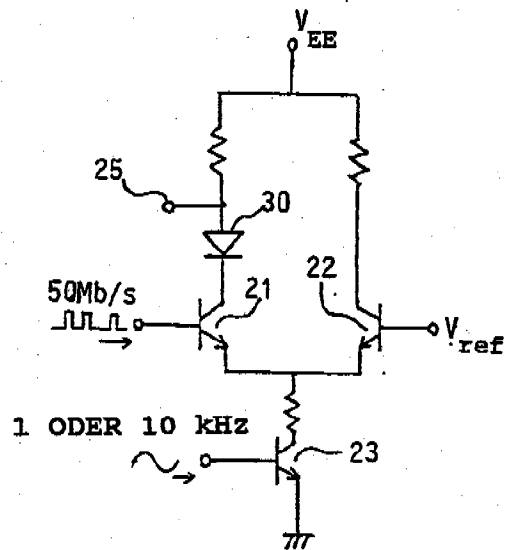


Fig. 5

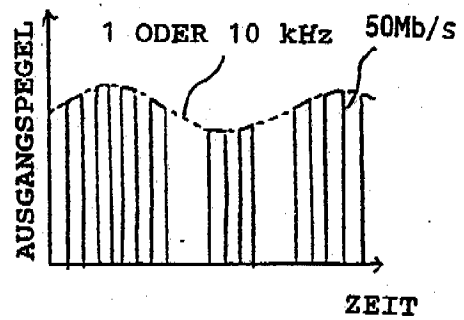


Fig. 6

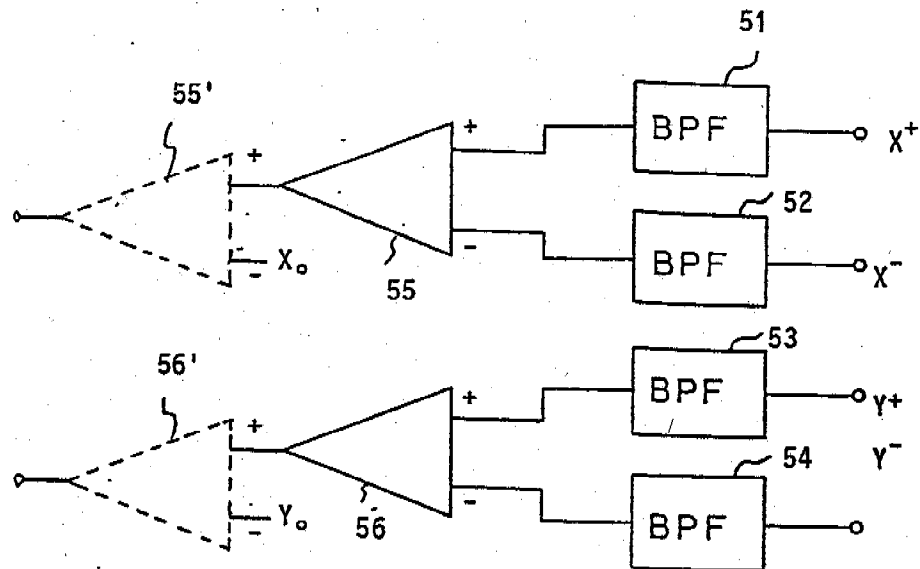


FIG. 3

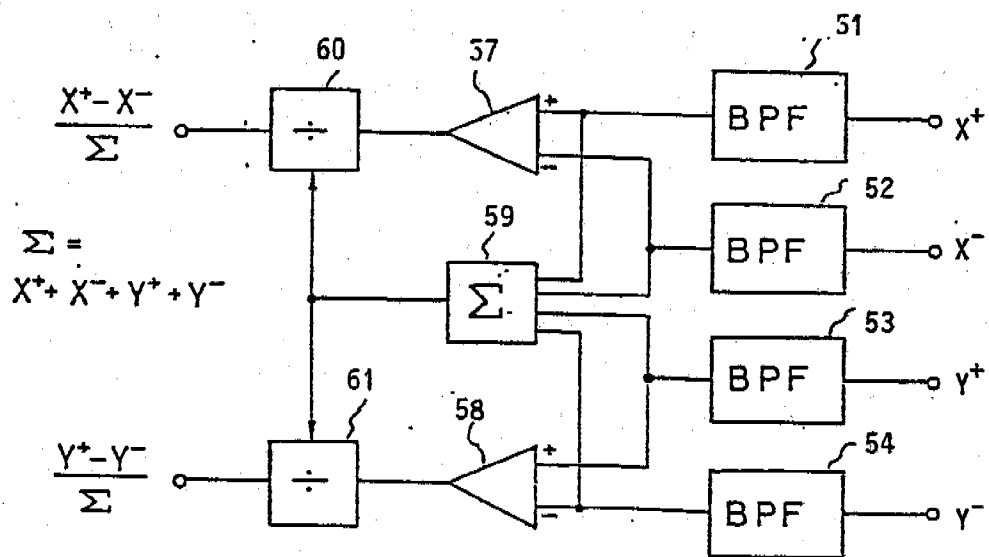


FIG. 4

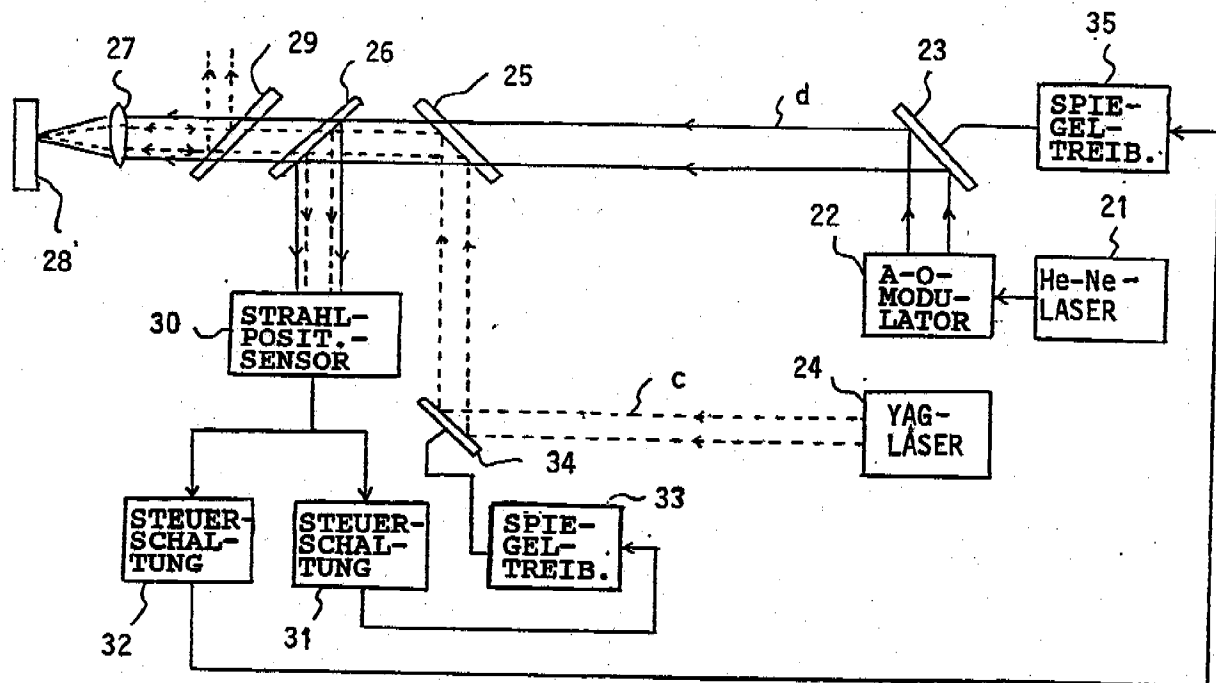


FIG. 7

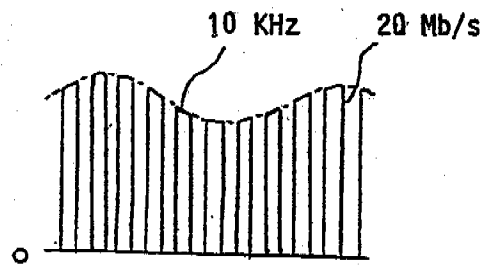


FIG. 8

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 287 032 B1

(12)

EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention
of the grant of the patent:
28.02.1996 Bulletin 1996/09

(51) Int Cl.⁶: G01S 3/78, G01B 11/27,
B23K 26/04

(21) Application number: 88105807.7

(22) Date of filing: 12.04.1988

(54) Optical alignment system

Optisches Ausrichtungssystem

Système d'alignement optique

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB

(30) Priority: 13.04.1987 JP 90189/87
11.07.1987 JP 172090/87

(43) Date of publication of application:
19.10.1988 Bulletin 1988/42

(73) Proprietor: NEC CORPORATION
Tokyo (JP)

(72) Inventor:
Kunitaugu, Michimasa-NEC Corporation
Tokyo (JP)

(74) Representative: VOSSIUS & PARTNER
D-81634 München (DE)

(56) References cited:

EP-A- 0 154 866 US-A- 3 902 036
US-A- 4 330 204

- IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, vol. COM-20, no. 5, October 1972, pages 847-851, New York, US; T. MOTOKI et al.: "Automatic acquisition and tracking system for laser communication"
- OPTICAL ENGINEERING, vol. 24, no. 6, November/December 1985, pages 1049-1054, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, Bellingham, Washington, US; J.D. BARRY et al.: "Beam pointing error as a significant design parameter for satellite-borne, free-space optical communications systems"
- WESCON TECHNICAL PAPERS, vol. 15, August 1971, pages 6/2.7 - 6/2.7, North Hollywood, California, US; A.R. KRAEMER: "Acquisition and angle tracking of laser communication links"

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

EP 0 287 032 B1

Description

The present invention relates to optical alignment system applicable to an optical communication system or a laser machining apparatus and, more particularly, to optical alignment system for adjusting the optical axes of a plurality of beams each having a different wavelength to a predetermined position.

With optical alignment of the kind described, it is a common practice to adjust the positions of a laser, lens, mirrors and others at the stage of production so that the optical axis of a laser beam which is adapted for communication or machining may be aligned with a desired axis. For example, in a laser machining apparatus which uses a laser beam for machining a workpiece and a visible probe beam for observing a point of the workpiece being machined and having a different wavelength from the machining beam, a lens, mirrors, beam splitter have to be so positioned as to bring the optical axes of the two beams into alignment and thereby to cause a point being observed into coincidence with a point being actually machined. A problem heretofore pointed out is that the positions of the optical axes of the machining and probe beams tend to deviate due to the movement of optics caused by temperature variation and aging, and due to distortion of a laser medium caused by heat, resulting in poor machining accuracy.

Further, in the case of bidirectional optical communication between satellites or between a satellite and a ground station which uses light beams of different wavelengths as transmission signals, it is necessary that various structural elements be positioned with considerable accuracy because the transmitting and receiving stations are located at a considerable distance from each other. In this case, too, should the optical axis of a beam transmitted or that of a beam received be dislocated due to changes in the positions of a lens, mirrors and other optical elements installed in a satellite or in a ground station, communication would practically fail.

Wescon Technical Papers, vol. 15, August 1971, pages 6/2.1 to 6/2.7, North Hollywood, CA, U.S.A., A.R. Kramer: "Acquisition and angle tracking of laser communication links" discloses acquisition and tracking between a SYNC satellite and a LEO satellite by using a beacon laser beam and a communication laser beam, respectively, which are transmitted to the other satellite. Thus, on both sides, the beam from other satellite is detected and the pointing/tracking positioner is controlled in accordance with the detected result.

It is therefore an object of the present invention to provide an optical alignment system capable of automatically adjusting the axes of beams of different wavelengths into a predetermined optical axis.

This object is achieved with an optical alignment system according to the claims.

It is another advantage of the present invention to provide an optical alignment system which eliminates the need for operator's readjustment of optical axes.

It is another advantage of the present invention to provide an optical alignment system capable of automatically correcting the shift of optical axes which is ascribable to the dislocation of a lens, mirror and other optical elements due to temperature variations and aging, and to the distortion of light sources due to heat.

The present invention will be better understood from the following detailed description taken with the accompanying drawings in which:

FIG. 1 is a schematic block diagram of a satellite communication system which the present invention is implemented with;

FIG. 2 is a perspective view of a beam position sensor shown in FIG. 1;

FIG. 3 is a schematic block diagram of a specific construction of a control circuit shown in FIG. 1;

FIG. 4 is a schematic block diagram showing another specific construction of the control circuit;

FIG. 5 is a schematic diagram of a driver illustrated in FIG. 1 together with a laser diode;

FIG. 6 is a plot showing an output waveform of a semiconductor laser which is driven by the driver of FIG. 5.

Fig. 7 is a block diagram of a laser machining apparatus to which the present invention is applied; Fig. 8 is a plot showing an output signal waveform of an A-O modulator shown in Fig. 7.

Referring to FIG. 1 of the drawings, an optical alignment system of the present invention is implemented with bidirectional communication between geostationary satellite which are placed on orbits 50 - 80,000 Km distant from each other. In the figure, portions other than those adapted for optical communication are omitted for clarity.

As shown, the satellite 100 includes a data generator 1 for generating a bit sequence of logical ONES and ZEROS, or digital communication data, which occur at a bit rate of 50 Mb/s. A driver 2 provides a semiconductor laser with a driving current which contains a component obtained by amplitude-modulating the bit sequence with an analog signal having a frequency f_1 (for example, 1 KHz) lower than the bit rate of the bit sequence. The semiconductor laser 3 which is included in an optical transmitter converts the driving current into a sequence of optical signals which includes a frequency component f_1 . The lasing wavelength of the laser is, say, 0.83 μm . The optical transmitter 3 also includes transmit optics for converting the laser beam into a parallel beam. The reference numerals 4 and 5 designate respectively a dichroic mirror and an optical receiver. The dichroic mirror 4 reflects and converts the parallel beam into a beam a (dashed line) toward the satellite 200. A beam b (solid line) from the satellite 200 having a wavelength of 0.78 μm is almost completely transmitted by the dichroic mirror 4 to reach the receiver 5 which transforms the received beam into an electrical signal, then detects com-

munication data, and then processes the data.

The satellite 200 includes a data generator 6 for generating communication data to be transmitted to the satellite 100 and having a bit rate of 50 Mb/s. A driver 7 performs similar functions to the driver 2 of the satellite 100. The driver 7 drives a semiconductor laser with a driving current containing an amplitude-modulated bit sequence which is produced by amplitude-modulating a bit sequence of 50 Mb/s with an analog signal of frequency f_2 , say, 10 KHz, which is higher than the frequency f_1 . The semiconductor laser included in an optical transmitter 8 generates a sequence of optical signals which contain a component having the frequency f_2 . The laser lases at a wavelength of 0.78 μm . Also included in the satellite 200 are XY driven mirrors 9 and 11, a dichroic mirror 10 functioning to multiplex two beams together with a corner cube 12 and a dichroic mirror 13, and an optical receiver 17 for detecting communication data out of a laser beam which is emitted from the satellite 100. Further included in the satellite 200 are a beam position sensor 14 and control circuits 15 and 16 which serve to automatically control the axes of the beam \underline{a} (dashed line) from the satellite 100 and that of the transmit beam \underline{b} (solid line) to the center of the sensor.

Although Fig. 1 contains a block 20 named a point ahead circuit, the circuit is not needed for geostationary satellites and will be explained later in the case in which one satellite is moving relatively to the other.

In the satellite 200, the beam \underline{b} from the transmitter 8 is routed through the mirror 9, dichroic mirror 10, mirror 11 to dichroic mirror 4 and the receiver 5 in satellite 100. At the same time, a part of the beam \underline{b} passed through the dichroic mirror 10 is reflected by a reflector (corner cube mirror) 12 and the dichroic mirror 10 and then passed through the dichroic mirror 13 to reach the beam position sensor 14. On the other hand, the output beam \underline{a} of the transmitter 3 which consists of a sequence of optical signals including a component of frequency f_1 is routed through the dichroic mirror 4, mirror 11 and dichroic mirrors 10 and 13 to be incident partly to the beam position sensor 14 and partly to the receiver 17.

The dichroic mirror 10 reflects 99.5% of the beam \underline{b} which is outputted by the transmitter 8 and has a wavelength of 0.78 μm while passing the remaining 0.5%. The dichroic mirror 10 passes almost all the beam \underline{a} having the wavelength of 0.83 μm which is reflected by the mirror 11 while reflecting all the beam from the reflector 12. Further, the dichroic mirror 13 transmits almost all the beam \underline{b} from the transmitter 8, transmits 20% of the beam \underline{a} , and reflects 80% of the beam \underline{a} toward the receiver 17. For details of such dichroic mirrors, a reference may be made to William L Gasey "Design of a wide-band free-space lasercom transmitter", SPIE Vol. 616, Optical Technologies for Communication Satellite Applications, 1986.

Referring to FIG. 2, a specific construction of the beam position sensor 14 is shown. As shown, the beam position sensor 14 is constituted by a convex lens 141

for transforming an incidence angle of a beam into a positional displacement of a focus point, a quartered beam-sensitive device 142 which is implemented with four silicon photodiodes for converting beam positions into electrical signals associated with the X and Y coordinates. Specifically, the beam-sensitive device 142 has four beam-sensitive areas which are defined such that the borders of nearby areas are each inclined 45 degrees relative to the X and Y coordinates. When a light beam is incident to the center of the X and Y coordinates, the output signals X^+ , X^- , Y^+ and Y^- of the beam-sensitive device 142 are equal to each other. Assume that, due to a deviation of the light beam \underline{a} which is emitted from the satellite 100 toward the satellite 200, the optical axis of the beam \underline{a} is dislocated from the center of the X and Y coordinates of the light-sensitive device 142. Then, the output signals X^+ , X^- , Y^+ , Y^- associated with the beam \underline{a} which includes the component having the frequency of f_1 , changes in their intensity according to the displacement from the center of the X, Y coordinates. The control circuit 15 extracts through filters components of frequency f_1 from the output signal X^+ , X^- , Y^+ , Y^- and controls the mirror 11 through a mirror driver so that the axis of the beam \underline{a} is coincident with the center of the X, Y coordinates. Similarly, the control circuit 16, mirror driver 19 and mirror 9 cooperate to control the axis of the beam \underline{b} which is outputted by the transmitter 8. In the case that the beams \underline{a} and \underline{b} are simultaneously incident to the beam position sensor 14 and are different in intensity by more than 20 dB, it is difficult to detect a signal frequency component associated with one beam which is less intensive than the other out of the outputs of the sensor 14. In such a case, the beam having a greater intensity than the other has to be attenuated by an optical attenuator.

By the control described above, the optical axes of the beams \underline{a} and \underline{b} from the transmitters 3 and 8 are individually aligned with the center of the X and Y coordinates of the beam position sensor 14 so that the two beams \underline{a} and \underline{b} are efficiently incident to light-sensitive areas of light-receiving elements of the receivers 5 and 17.

Referring to FIG. 3, a specific construction of the control circuit 15 of FIG. 1 is shown and includes band-pass filters (BPFs) 51 to 54. The four output signals X^+ , X^- , Y^+ and Y^- of the beam position sensor 14 are respectively applied to the BPFs 51 to 54 which are adapted to extract the frequency f_1 component (1 KHz) of the signal sequence of the beam \underline{a} . A subtractor 55 produces an X-axis control signal which is representative of a difference between the X^+ and X^- signals while a subtractor 56 produces a Y-axis control signal which is representative of a difference between the Y^+ and Y^- signals. The X-axis and Y-axis control signals are fed to the mirror driver 18. In response, the driver 18 adjusts the angular position of the mirror 11 in the X and Y directions so that the X, Y-axes control signals are zero. It is to be noted that such rotating directions of the mirror are indi-

vidually coincident with the X- and Y-axis of the beam position sensor 14.

Subtractors 55' and 56' will be described later with the embodiment relating to the point ahead circuit.

FIG. 4 shows another specific construction of the control circuit 15 in which the subtractors 55 and 56 of FIG. 3 are replaced with subtractors 57 and 58, an adder 59, and dividers 60 and 61. The subtractor 57 subtracts an output of the BPF 52 from that of the BPF 51 while the subtractor 58 subtracts an output of the BPF 54 from that of the BPF 53. The adder 59 sums outputs of the BPFs 51 to 54. The divider 60 divides an output of the subtractor 57 by that of the adder 59 while the divider 61 divides an output of the subtractor 58 by that of the adder 59. Hence, an X-axis and a Y-axis control signal are respectively outputted by the dividers 60 and 61 which normalize the difference signals $(X^+ - X^-)$ and $(Y^+ - Y^-)$ associated with the frequency f_1 component by the sum of the f_1 component signals X^+ , X^- , Y^+ and Y^- , which are respectively outputted by the BPFs 51 to 54. This suppresses fluctuation of the X- and Y-axis control signals which is ascribable to the change in the power of the sensor 14.

It is to be noted that the control circuit 16 is constructed in exactly the same manner as the control circuit 15 except that the passband of its BPFs 51 to 54 is f_2 ($= 10$ KHz). Also, the mirror 9 is driven in the same manner as the mirror 11.

As described above, the satellite 200 controls the mirrors 9 and 11 to bring the beams a and b into alignment with the center of the X and Y axes of the beam position sensor 14. Hence, when the beam a from the geostationary satellite 100 is deviated from the center of the sensor 14 due to dislocation of the satellite 100, the mirror 11 is controlled until the deviation of the beam a becomes zero. As a result, the optical axis of the beam b from the transmitter 8 is aligned with that of the beam a which is emitted by the satellite 100, allowing bidirectional communication to be effected. Further, even if the optical axes of the beams a and b are dislocated due to the movement of dichroic mirrors 4, 10 and 13 which may be caused by temperature variations and aging, the dislocation is immediately sensed by the sensor 14 so that the mirrors 9 and 11 are controlled to effect optical alignment.

The mirrors 9 and 11 which are shown in FIG. 1 as comprising a single mirror each may be implemented with an X-axis and a Y-axis galvanometer type mirror which are driven by an X-axis and a Y-axis drive signal, respectively. Further, the frequencies of f_1 and f_2 respectively assigned to the signal sequences of the beams a and b and the specific wavelengths of the laser diodes are only illustrative and not restrictive.

Referring to FIG. 5, there is shown a specific construction of the drivers 2 and 7 together with a laser diode. In the figure, transistors 21 and 22 are interconnected at their emitters. A laser diode 30 is connected to the collector of the transistor 21, 50 Mb/s communication

data are fed to the base of the transistor 21, and a reference voltage V_{ref} is applied to the base of the transistor 22. A 1 or 10 KHz analog signal (sinusoidal wave) is fed to the base of a transistor 23 depending upon the optical transmitters 3 or 8. The bias current of the laser diode is set at a threshold and is supplied to the laser diode together with the pulse current of the 50 Mb/s communication data. The analog signal gives a change of amplitude of about 5 to 10% to the communication data. The optical output waveform of the laser diode 30 is shown in FIG. 6.

While the satellite 200 of FIG. 1 has only a single optical transmitter, it may have two or more optical transmitters on condition that beams issuing from the individual transmitters are different from each other with respect to wavelength and are modulated by different frequencies from each other. Further, in such a multiple transmitter scheme, extra control circuits are needed at the output side of the beam position sensor 14 to extract frequency components which are included in the signal sequences of the respective beams, so that the X and Y driven mirrors may be controlled by an X and a Y drive signal to align the optical axes of beams from the transmitters with the center of the sensor 14.

Although both the satellites 100 and 200 have been assumed to be stationary, one of them may be moving with respect to the other or even be replaced with a earth station.

In the case the satellite 100 moves with respect to the geosynchronous satellite 200. The point-ahead circuit 20 in Fig. 1 and subtractors 55' and 56' in Fig. 3 are used. Such a relative movement requires the light beam b to be pointed ahead to reach the optical receiver of the moving satellite 100. (A point-ahead effect is described in Kim A. Winick "Atmospheric turbulence-induced signal fades on optical heterodyne communication links", APPLIED OPTICS, Vol. 25, No. 11, 1 June 1986, pp. 1817 - 1825, particularly page 1823 and Fig. 6.) The point-ahead circuit 20 outputs the point-ahead signals X_0 , Y_0 to the subtractors 55' and 56', respectively. The subtractor 55' subtracts the signal X_0 from the output of the subtractor 55. The subtractor 56' subtracts the signal Y_0 from the output of the subtractor 56. Then, the X Y driven mirror 9 is controlled by the mirror driver 19 so that the X and Y axes control signals from the subtractors 55', 56' are zero. The signals X_0 , Y_0 are determined according to the moving speed and direction of the satellite 100. Therefore, the beam b from the satellite 200 is moved by the mirror 9 so that the beam b can be received by the receiver 5 in the satellite 100. When the outputs of the subtractors 55', 56' are zero, the beam b is no longer received on the center of the X, Y coordinates of the sensor 14, but is directed to be received at a first reference position on the sensor 14. In this case, the driven mirror 11 is controlled so that the beam a from the movable satellite 100 is received on the center of the X, Y coordinates, which is a second reference position.

Although, in the above-mentioned bidirectional com-

munication system, the satellite 100 does not incorporate such an optical alignment system as built in the satellite 200, the satellite 100 may be equipped with the similar optical alignment system.

Referring to FIG. 7, a laser machining apparatus to which another embodiment of the present invention is applied is shown. As shown, the optical alignment system installed in the laser machining apparatus includes a helium-neon (He-Ne) laser 21 for emitting a visible laser beam which is adapted to observe a point of a workpiece 28 being machined, i.e., probe beam d, a yttrium aluminum garnet (YAG) laser 24 for emitting a laser beam which is adapted to machine the workpiece 28, i.e., machining beam c, and a beam position sensor 30 for sensing the optical axes of the probe beam d and machining beam c. The He-Ne laser 21 lases a CW beam whose wavelength and output are 0.63 μm and 10 mW, respectively. On the other hand, the YAG laser 24 lases a CW beam whose wavelength and output are 1.06 μm and 20 W, respectively.

The beam c from the YAG laser 24 is reflected by an X-Y driven mirror 34 and an dichroic mirror 25, then passed through dichroic mirrors 26 and 29, and then converged by a lens 27 onto the workpiece 28. The beam from the He-Ne laser 21 is modulated by an acousto-optic (A-O) modulator 22 to generate the probe beam d. This probe beam d is reflected by an X-Y driven mirror 23, then passed through the dichroic mirror 25 and dichroic mirrors 26 and 29, and then converged by the lens 27 onto the same point of the workpiece 28 as the machining beam c. The probe beam d reflected by the workpiece 28 is reflected by the dichroic mirror 29 via the lens 27 to allow the surface of the workpiece 28 being machined to be observed by a device, not shown.

The dichroic mirror 26 reflects a part of the machining beam c and probe beam d. The beams reflected by the mirror 26 are incident to the beam position sensor 30 and thereby converted into an electrical signal. Again, the beam position sensor 30 is implemented with a converging lens and a quartered light-sensitive device, as shown in FIG. 2. Control circuits 31 and 32 also control, respectively, mirror drivers 33 and 35 and thereby the mirrors 34 and 23 in response to output signals of the sensor 30, so that the optical axes of the laser beams c and d may individually be aligned with the center of the X and Y axes of the light-sensitive device of the sensor 30.

The A-O modulator 22 includes a circuit for superposing a 10 KHz sinusoidal wave on a rectangular wave having repetition frequency of 20 MHz so as to produce a signal which is shown in FIG. 8. The output of this circuit is fed to a transducer of an acousto-optic device which then produces the probe beam d associated with the signal waveform of FIG. 8. Since the construction of the A-O modulator 22 is well known in the art, details thereof will not be described to avoid redundancy.

The control circuit 32 of FIG. 7 has the same construction as the control circuit shown in FIG. 4 except

that the passband of its BPFs 51 to 54 is 10 KHz, i.e. the frequency component of the signal of the probe beam d. The control circuit 31 is constituted by replacing the BPFs 51 to 54 with a DC smoother which is responsive to the component associated with the continuous laser beam c. In this instance, although the output of the DC smoother would include a detected signal component of the probe beam d, such a component would be far smaller than the detected signal component of the machining beam c and therefore negligible. It follows that the X-axis and Y-axis control signals appearing on the outputs of the control circuits 31 and 32, respectively, are variable on the basis of the deviations of the machining beam c and probe beam d in the X and Y directions relative to the sensor 30. The mirrors 34 and 23 are respectively driven by the mirror drivers 33 and 35 until the deviations of the beams c and d become zero.

In summary, it will be seen that the present invention provides optical alignment system capable of controlling the optical axes of a plurality of beams each having a different wavelength into alignment with a predetermined optical axis or axes. Since such alignment is performed constantly and automatically, costs necessary for the maintenance and inspection, i.e., readjustment of optical axes and others are reduced.

Claims

1. Optical alignment system comprising:

first and second light source means (3, 8, 21, 24) for emitting, respectively, first and second light beams each having a different wavelength; first and second modulating means (3, 8, 21, 24) for modulating said first and second light source means, respectively; optical beam multiplexer means (4, 10, 11, 12) for multiplexing said first light beam and said second light beam; beam position sensor means (14, 30) for receiving said first and second light beams from said multiplexer means to produce electrical signals which are representative of information with respect to actual positions on said beam position sensor means; first and second control means (15, 16, 31, 32) for producing a first and second control signal from said electrical signals; and beam adjusting means (18, 19, 33, 35) for adjusting optical axes of said first optical beam and said second optical beam in response to, respectively, said first control signal and said second control signal, characterized in that said first and second modulating means (3, 8, 21, 24) modulate said first and second light beams with first and second modulating signals respectively, at different respective frequencies,

said first and second control means extract, respectively, said first and second modulating signals, which are simultaneously outputted by said beam position sensor means and which are proportional to the differences, respectively, of the actual positions, on the beam position sensor means, to which the first and second light beams are simultaneously incident, with reference to predetermined first and second reference positions, and

the adjustment performed by the beam adjusting means is continued until the first and second light beams become incident on the first and second reference positions, respectively.

2. Optical alignment system as claimed in claim 1, wherein said first and second modulating means (3, 8, 21, 24) modulate said first light beam and said second light in amplitude modulation manner.
3. Optical alignment system as claimed in claim 1, adapted to a communication system including two stations (100, 200), characterized in that
said beam position sensor means (14), said first and second control means (15, 16) and said beam adjusting means (18, 19) are together arranged in one of said two stations.

Patentansprüche

1. Optisches Ausrichtungssystem mit:

einer ersten und einer zweiten Lichtquelleneinrichtung (3, 8, 21, 24) zum Emittieren eines ersten bzw. eines zweiten Lichtstrahls mit einer jeweils anderen Wellenlänge;
einer ersten und einer zweiten Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) zum Modulieren der ersten bzw. der zweiten Lichtquelleneinrichtung;
einer optischen Strahlmultiplexereinrichtung (4, 10, 11, 12) zum Multiplexieren des ersten Lichtstrahls und des zweiten Lichtstrahls;
einer Strahlpositionssensoreinrichtung (14, 30) zum Empfangen des ersten und des zweiten Lichtstrahls von der Multiplexereinrichtung, um elektrische Signale zu erzeugen, die Informationen in bezug auf tatsächliche Positionen an der Strahlpositionssensoreinrichtung darstellen;
einer ersten und einer zweiten Steuereinrichtung (15, 16, 31, 32) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Steuersignals aus den elektrischen Signalen; und
einer Strahlausrichteinrichtung (18, 19, 33, 35) zum Ausrichten von optischen Achsen des ersten optischen Strahls und des zweiten optischen Strahls als Antwort auf das erste Steuer-

signal bzw. das zweite Steuersignal, dadurch gekennzeichnet, daß

die erste und die zweite Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) den ersten und den zweiten Lichtstrahl mit dem ersten bzw. dem zweiten Modulationssignal mit verschiedenen entsprechenden Frequenzen modulieren,

die erste und die zweite Steuereinrichtung das erste bzw. das zweite Modulationssignal extrahieren, die gleichzeitig von der Strahlpositionssensoreinrichtung ausgegeben werden und die jeweils proportional den Differenzen der tatsächlichen Positionen auf der Strahlpositionssensoreinrichtung sind, auf die der erste und der zweite Lichtstrahl gleichzeitig einfallen, und zwar mit Bezug auf die vorbestimmte erste und zweite Referenzposition, und

die Ausrichtung, die von der Strahlausrichteinrichtung durchgeführt wird, fortgesetzt wird, bis der erste und der zweite Lichtstrahl auf die erste bzw. die zweite Referenzposition einfallen.

2. Optisches Ausrichtungssystem nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) den ersten Lichtstrahl und den zweiten Lichtstrahl mit Amplitudenmodulation modulieren.

3. Optisches Ausrichtungssystem nach Anspruch 1, das für ein Übertragungssystem mit zwei Stationen (100, 200) geeignet ist, dadurch gekennzeichnet, daß

die Strahlpositionssensoreinrichtung (14), die erste und die zweite Steuereinrichtung (15, 16) und die Strahlausrichteinrichtung (18, 19) in einer der beiden Stationen zusammen angeordnet sind.

Revendications

1. Système d'alignement optique comprenant :

des premier et second moyens de source lumineuse (3, 8, 21, 24) pour émettre, respectivement, des premier et second faisceaux lumineux ayant chacun une longueur d'onde différente ;

des premier et second moyens de modulation (3, 8, 21, 24) pour moduler lesdits premier et second moyens de source lumineuse, respectivement ;

des moyens optiques multiplexeurs de faisceaux (4, 10, 11, 12) pour multiplexer ledit premier faisceau lumineux et ledit second faisceau lumineux ;

des moyens capteurs de position de faisceau (14, 30) pour recevoir lesdits premier et second faisceaux lumineux desdits moyens multi-

- plexeurs afin de produire des signaux électriques qui sont représentatifs d'informations relatives aux positions effectives sur lesdits moyens capteurs de position de faisceau ;
 des premier et second moyens de commande 5
 (15, 16, 31, 32) pour produire un premier et un second signal de commande à partir desdits signaux électriques ; et,
 des moyens d'ajustement de faisceau (18, 19, 33, 35) pour ajuster les axes optiques dudit premier faisceau lumineux et dudit second faisceau lumineux en réponse, respectivement, audit premier signal de commande et audit second signal de commande,
 caractérisé en ce que 15
 lesdits premier et second moyens de modulation (3, 8, 21, 24) modulent lesdits premier et second faisceaux lumineux avec des premier et second signaux de modulation, respectivement, à des fréquences respectives différentes, 20
 lesdits premier et second moyens de commande extraient, respectivement, lesdits premier et second signaux de modulation, qui sont simultanément sortis par lesdits moyens capteurs de position de faisceau et qui sont proportionnels aux différences, respectivement, des positions effectives, sur les moyens capteurs de position de faisceau, sur lesquels les premier et second faisceaux lumineux sont simultanément incidents, en référence à des première et 30
 seconde positions de référence prédéterminées, et
 l'ajustement exécuté par les moyens d'ajustement de faisceau est poursuivi jusqu'à ce que les premier et second faisceaux lumineux 35
 deviennent incidents sur les première et seconde positions de référence, respectivement.
2. Système d'alignement optique selon la revendication 1, dans lequel lesdits premier et second moyens de modulation (3, 8, 21, 24) modulent ledit premier faisceau lumineux et ledit second faisceau lumineux par modulation d'amplitude. 40
3. Système d'alignement optique selon la revendication 1, adapté à un système de communication incluant deux stations (100, 200), caractérisé en ce que 45
 lesdits moyens capteurs de position de faisceau (14), lesdits premier et second moyens de commande (15, 16) et lesdits moyens d'ajustement de faisceau (18, 19) sont disposés ensemble dans l'une desdites deux stations. 50
 55

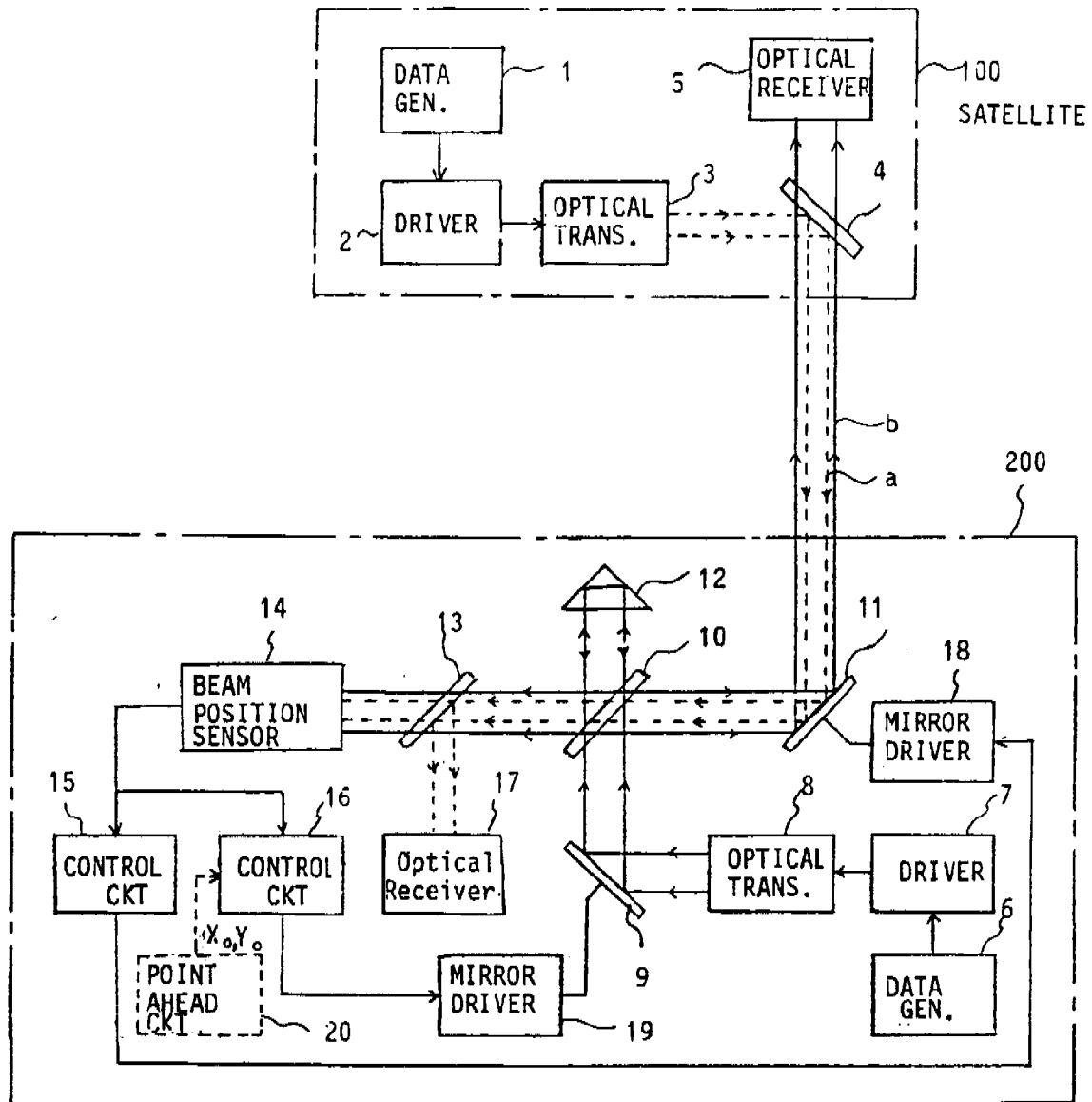


FIG. 1

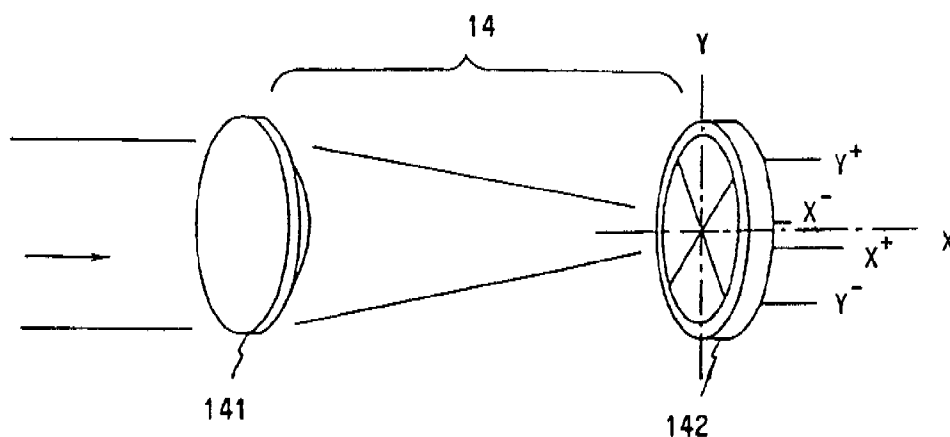


FIG. 2

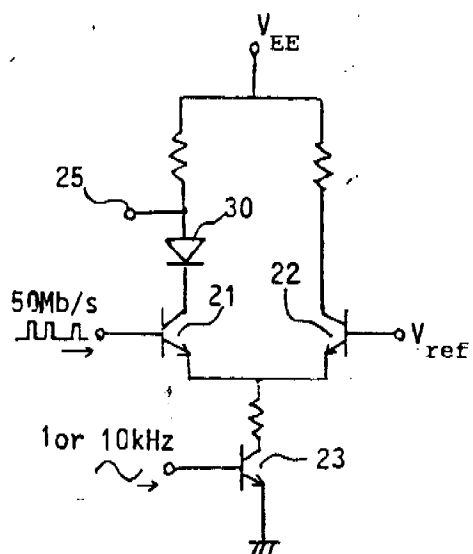


Fig. 5

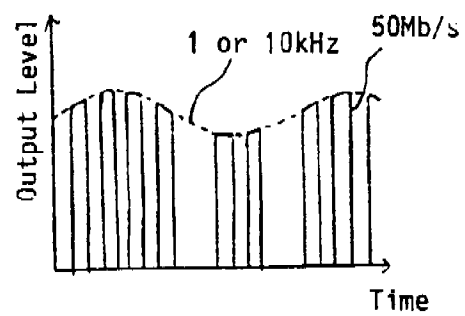


Fig. 6

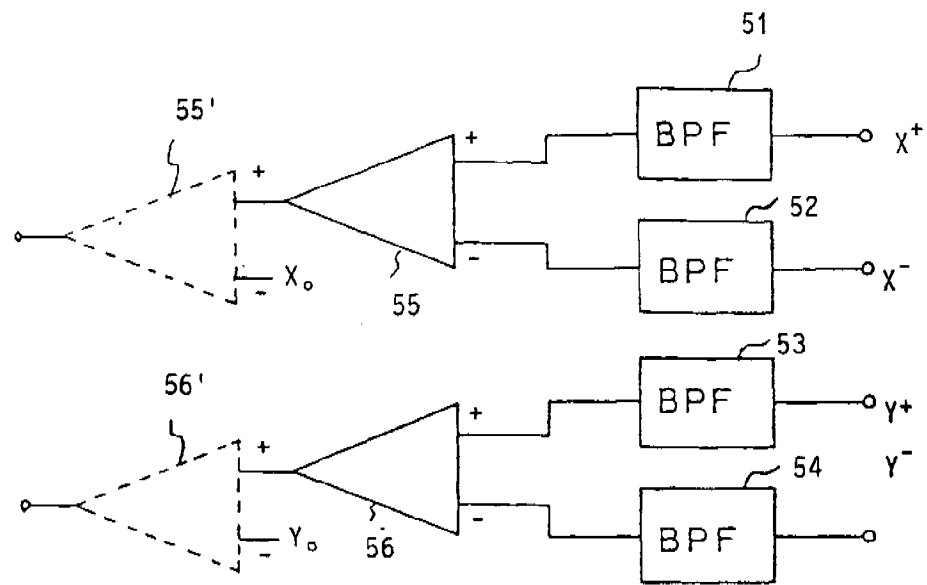


FIG. 3

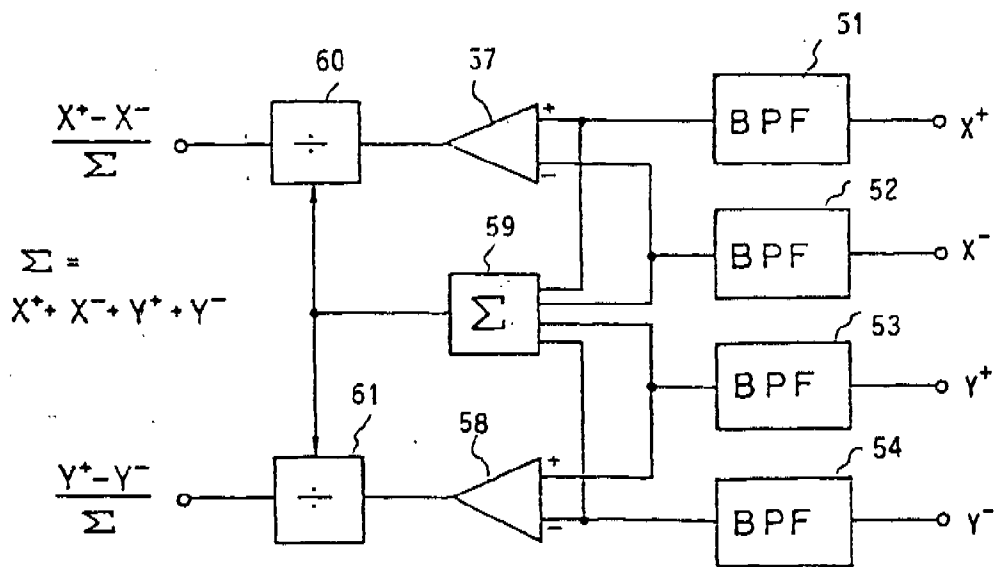


FIG. 4

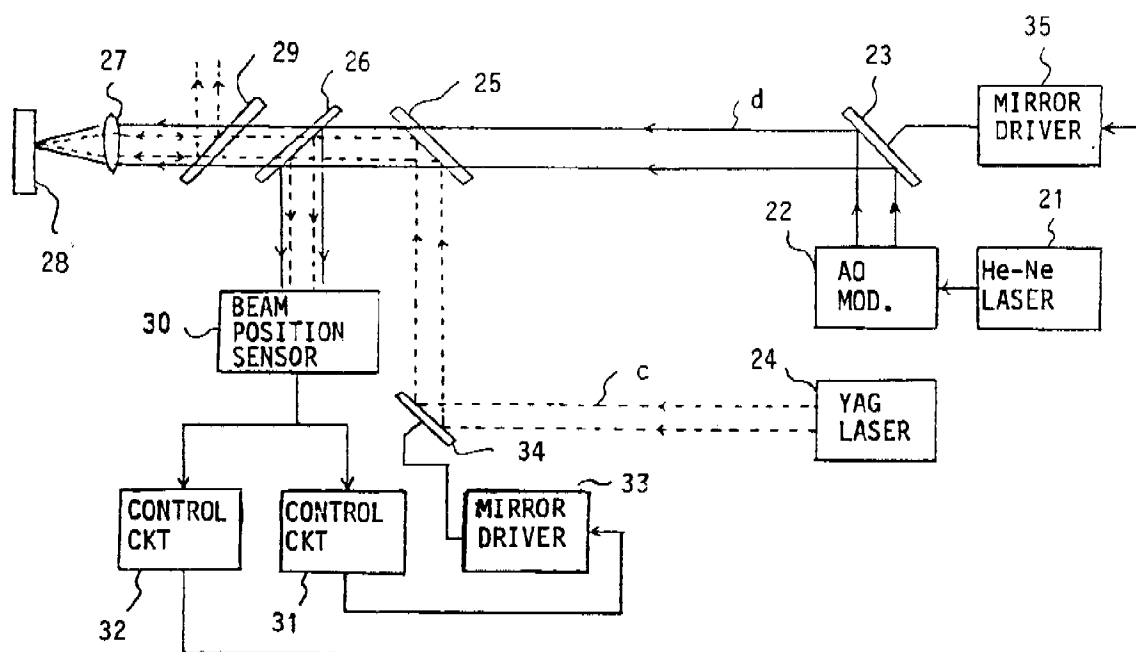


FIG. 7

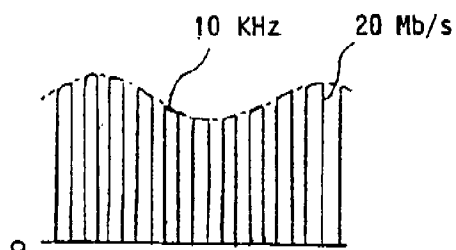


FIG. 8